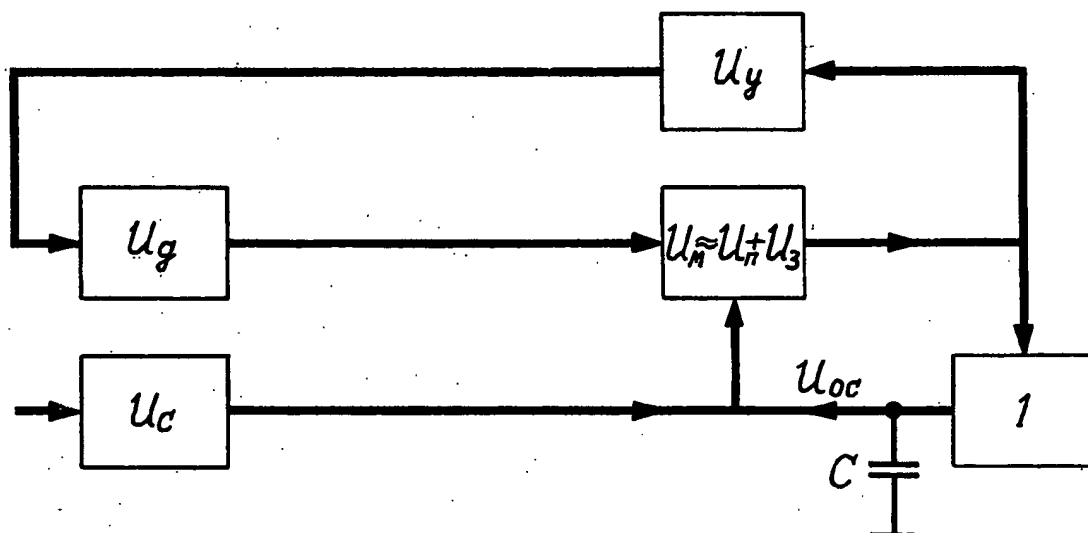




<p>(51) Международная классификация изобретения <sup>5</sup>: G11B 5/00, 5/03, 20/22</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Номер международной публикации: WO 94/03889 (43) Дата международной публикации: 17 февраля 1994 (17.02.94)</p>
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/RU93/00188</p>		<p>(74) Агент: КООПЕРАТИВНОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ; Москва 118834, Раушская наб., д. 4/5 (RU) [KOOOPERATIVNOE AGENTSTVO PO PATENTNOI INFORMATSII, Moscow (RU)].</p>
<p>(22) Дата международной подачи: 6 августа 1993 (06.08.93)</p>		
<p>(30) Данные о приоритете: 5058699/10 10 августа 1992 (10.08.92)</p>	<p>RU</p>	<p>(81) Указанные государства: JP, KR, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p>
<p>(71)(72) Заявители и изобретатели: ГОДЖАЕВ Махир-Омар Оглы [AZ/AZ]; Ваку 370122, Тбилисский пр., д. 75, кв. 9 (AZ) [GODZHAEV, Makhir-Omar Ogly, Baku (AZ)]. ЗЕМЛЯКОВ Александр Юрьевич [RU/UA]; Севастополь 335001, ул. Рабочая, д. 5, кв. 29 (UA) [ZEMLYAKOV, Alexandr Jurievich, Sevastopol (UA)]. САВКОВ Николай Петрович [RU/UA]; Севастополь 335016, ул. Кашуба, д. 11, кв. 46 (UA) [SAVKOV, Nikolai Petrovich, Sevastopol (UA)].</p>		<p>Опубликована С отчетом о международном поиске.</p>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MAGNETIC RECORDING

**(54) Название изобретения: СПОСОБ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**



### (57) Abstract

The invention relates to recording an audio-information signal on a moving magnetic carrier. A method for magnetic recording consists in that a high frequency biasing signal and the recording signal are fed to the recording head, a control signal is formed by the high frequency biasing current and by means of that signal the high frequency biasing signal is modulated. Additionally a discrete value signal is formed whose frequency is changed by means of said control signal within the frequency range of 40-200 kHz. By means of the obtained discrete value signal the pulse width modulation of the information signal is then effected, the combination components of the obtained PWM signal serving as the high frequency biasing current and the low frequency components serving as recording signal, and a feedback signal is formed to the point of the recording signal. A device for magnetic recording comprises, connected to the recording head (1), an amplifying circuit (2) for receiving the information signal and a unit (8) for generating the high frequency biasing signal comprising a generator (9) of the discrete value signal connected to a pulse-width modulator (10), feedback being provided in the device on the basis of the recording signal current. The invention can be used to control the frequency of the HF biasing signal and to reduce the time of passage of the control signal.

Изобретение относится к области записи звукового информационного сигнала на движущийся магнитный носитель.

Способ магнитной записи состоит в том, что на головку записи подают сигнал высокочастотного подмагничивания и сигнал записи, формируют сигнал управления током высокочастотного подмагничивания и модулируют этим сигналом сигнал высокочастотного подмагничивания, дополнительно формируют сигнал дискретизации, частоту которого изменяют посредством указанного сигнала управления в диапазоне частот от 40 до 200 кГц, полученным сигналом дискретизации осуществляют широтно-импульсную модуляцию информационного сигнала, и в полученном ШИМ-сигнале комбинационные составляющие служат током высокочастотного подмагничивания, а низкочастотные — сигналом записи, и формируют сигнал обратной связи на точку сигнала записи. Устройство магнитной записи, содержит подключенные к головке (1) записи усилительную схему (2) для приема информационного сигнала и блок (8) формирования сигнала высокочастотного подмагничивания, включающий генератор (9) сигнала дискретизации, подключенный к широтно-импульсному подмодулятору (10), при этом в устройстве обеспечивается обратная связь по току сигнала записи. Изобретение позволяет осуществлять управление частотой сигнала ВЧ подмагничивания и сократить время прохождения сигнала управления.

#### ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина-Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот-д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри-Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Мадагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

СПОСОБ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО  
РЕАЛИЗАЦИИ

## Область техники

Изобретение относится к области записи звукового  
5 информационного сигнала на движущийся магнитный носи-  
тель, а именно - к способу и устройству магнитной запи-  
си, в которых уровень сигнала высокочастотного подмаг-  
ничивания изменяется в зависимости от уровня составляю-  
щих сигнала записи.

10 Предшествующий уровень техники

Известен классический способ магнитной записи, при  
котором ток сигнала записи, содержащий информационный  
сигнал, и ток сигнала высокочастотного подмагничивания  
подают на головку записи для осуществления записи ин-  
15 формации на магнитный носитель (М.В.Гитлиц "Магнитная  
запись сигналов", 1981, Радио и связь, Москва, с.45-52).

В этом способе записи оптимальные условия записи вы-  
сокочастотных и низкочастотных составляющих сигнала за-  
писи возникают при различных уровнях тока подмагничи-  
20 вания, а именно - для оптимальных условий записи низко-  
частотных составляющих необходим больший уровень тока  
подмагничивания, чем для высокочастотных. На практике  
выбирают "компромисный" фиксированный уровень тока  
подмагничивания. При этом модуляционные возможности  
25 магнитного носителя используются не полностью.

В области высоких частот записи модуляционные воз-  
можности пленки недоиспользуются на (10-14) дБ, а в  
области низких - на (2-4) дБ, в зависимости от выбран-  
ного тока подмагничивания. Сигналы с большим энергети-  
30 ческим уровнем в области высоких частот записи при  
этом записываются с искажениями, вызывая большой уровень  
интермодуляционных искажений.

Для того чтобы подвести энергетику сигналов записи  
под возможности магнитного носителя, появились способы  
35 записи сигналов с динамической коррекцией сигнала в об-  
ласти высоких частот (JP, А, 53-30324). Динамическая  
коррекция осуществляется устройством, ограничивающим  
ток записи на высоких частотах (AGRS фирмы Акай и так

- 2 -

далее). Этой же цели служит введение "спектрального ско-  
са" в способах записи с компанdernыми системами шумопо-  
нижения (компандеры "Dolby C", "Dolby CR", "DEX" )  
(Dolby R.M. "A20 db Audio Noise Reduction System for  
5 Consumer Applications" Journal of the Audio Engineering  
Society , 1983, Vol.31, № 3, p.98-113). Однако "спект-  
ральный скос" отрицательно сказывается на динамических  
характеристиках канала записи при малых уровнях сигнала  
записи (менее - 15 дБ), так как наклон амплитудно-час-  
10 тотной характеристики (АЧХ) "спектрального скоса" не за-  
висит от уровня входного сигнала записи.

Известен также способ записи, предложенный специали-  
стами фирмы "Dolby Laboratories "(Feldman L. "Inside  
Dolby HX", Radio Electronics , 1982, № 2, p.77-79). Он  
15 основан на динамическом изменении тока высокочастотного  
подмагничивания в зависимости от уровня и спектрального  
состава сигнала записи и получил название "Dolby HX".  
С увеличением уровня высокочастотных составляющих в  
спектре сигнала записи "Dolby HX" автоматически умень-  
20 шает ток высокочастотного подмагничивания, тем самым  
сужая "критическую зону" намагничивания, подробно описан-  
ному М.В.Гитлиц "Магнитная запись сигналов", 1981,  
Радио и связь, Москва, с.45-52. При этом условия записи  
высокочастотных составляющих сигнала улучшаются. В  
25 этой системе с целью снижения искажений кроме того осу-  
ществляется динамическая коррекция сигнала записи в об-  
ласти верхних частот, ограничивая их на уровне (-8) -  
(-12) дБ от номинального. В статическом режиме система  
"Dolby HX" обеспечивает повышение перегрузочной способ-  
30 ности пленки на (10-14) дБ и доводит тем самым динамиче-  
ский диапазон в области высоких частот до теоретичес-  
ки возможного. Однако широкого практического примене-  
ния запись по этому способу не нашла. Дело в том, что  
все способы магнитной записи, использующие системы  
35 динамического подмагничивания (СДП), предусматривают  
использование особенностей человеческого слуха - от-  
сутствие реакции на кратковременные искажения звука,

- 3 -

возникающие из-за конечного времени срабатывания устройств, управляющих током подмагничивания. Однако это не всегда так, и слушатель может часто различать неестественные призвуки в записях сигналов. Происходит это по  
5 нескольким взаимозависимым причинам: некорректно выбраны характеристики регулирования тока подмагничивания в зависимости от частоты и уровня сигналов записи, а устройства, реализующие выбранные характеристики, имеют плохие динамические характеристики. Остановимся на них подробнее.  
10

Характеристики регулирования тока подмагничивания в зависимости от частоты и уровня сигнала записи, как правило, получают эмпирически для нескольких фиксированных частот и уровней записи. В лучшем случае, как  
15 это осуществляется еще в одном известном способе (Н.Сухов "Адаптивное подмагничивание или снова о динамическом", 1991, Радио, № 6, с.52-56), характеристики моделируют в условиях, близких к реальным, с множеством динамично изменяющихся составляющих сигнала в различных его частотных областях. И хотя подмагничивающее действие  
20 любой составляющей, а также всех составляющих сигнала записи может быть полностью скомпенсировано определенным уменьшением уровня высокочастотного подмагничивания, оптимальных условий записи для всех частот записи добиться невозможно, так как это уменьшение не  
25 будет оптимальным для самой составляющей. И наоборот, если уменьшение ВЧ подмагничивания оптимально для выбранной составляющей спектра, ее подмагничивающее действие не полностью компенсирует возникающую при этом неоптимальность подмагничивания для других частот записи.  
30

Для дальнейшего изложения известного уровня техники, обоснованности критики, а также последующей целесообразности постановки задачи предлагаемого изобретения, необходимо обратиться к фиг.1, где показаны кривые подмагничивания для известных способов записи с фиксированным подмагничиванием и с использованием СДП, полученные экспериментально.  
35

- 4 -

На графике  $I_n'$  - эффективный ток подмагничивания для данной частоты с учетом тока ВЧ подмагничивания, взаимного подмагничивающего действия частот записи и эффекта самоподмагничивания,  $I_n$  - оптимальный ток подмагничивания, обеспечивающий максимальную отдачу носителя на данной частоте,  $f$  и  $f_0$  - текущая и верхняя частоты записываемого сигнала.

Кривые I и II на фиг. I относятся к способу записи с фиксированным подмагничиванием, прямая  $\alpha$  (на графике совмещенная с осью частот  $\frac{f}{f_0}$ ) соответствует оптимальным токам подмагничивания для всего частотного диапазона. В реальных аппаратах записи с фиксированным током подмагничивания кривые подмагничивания проходят между кривыми I и II, пересекая ось частот между точками B и Y, в зависимости от выбранного тока ВЧ подмагничивания.

В способах записи с использованием СДП для малых входных сигналов (менее - 20 дБ от номинального) выбирают кривую подмагничивания в области кривой II  $\pm$  I дБ. С ростом входного сигнала записи кривая подмагничивания опускается до кривой III, IV или V в зависимости от выбранной глубины модуляции тока ВЧ подмагничивания. Кривая IV соответствует оптимально выбранной характеристике регулирования СДП, с точки зрения расширения динамического диапазона ленты в области верхних частот записи, однако неоптимальность тока подмагничивания для средних и низких частот записи возрастает при этом на (2-3) дБ. При уменьшении глубины регулирования тока ВЧ подмагничивания до 3 дБ неоптимальность его для средних и низких частот уменьшается на (1-3) дБ, как показано на кривой III. Кривая V показывает случай перекомпенсации в СДП, что неблагоприятно сказывается на отдаче пленки на всех частотах записи. Практически выбирают компромисс между отдачей пленки на высоких и низких частотах записи и выбирают максимальную глубину регулирования тока ВЧ подмагничивания между кривыми III и IV.

Данные графики получены автором двухсигнальным ме-

- 5 -

тодом на аппаратах фирмы "Pioneer ", "Pioneer 333" (кривая III), оснащенном системой "Dolby HX pro " (Pannel Ch."Bang et Olufsen Innove: Le Dolby HXpro.Le Hauf - Parleur , 1981,Novembere № 1674, p.94-97), и аппарате  
5 записи по способу с адаптивным динамическим подмагничиванием (Н.Сухов "Адаптивное подмагничивание или снова о динамическом", 1981, Радио, № 6, с.52-56) (кривая IV). Подавались сигналы частотой  $F_0$  , уровнем - 8 дБ от номинального и переменной частотой от 0 до  $F_0$  , уровнем -  
10 10 дБ от номинального, то есть измерения проводились двухсигнальным методом.

Практически кривые I-V являются математически гладкими (не имеют точек экстремума) только теоретически и при статических инструментальных измерениях. Для реальных звуковых сигналов, с множеством изменяющихся во времени спектральных составляющих кривые I-V подмагничивания  
15 преобретают форму полос шириной (1-2) дБ в зависимости от параметров входного сигнала, сужаясь до 1 дБ в области низких частот. Этот недостаток имеет и способ  
20 записи с фиксированным подмагничиванием при больших входных сигналах (-15) - (-10) дБ в области верхних частот. Для его устранения в способах записи с СДП недостаточно только амплитудно-частотного анализа сигнала записи, необходим анализ спектральной плотности сигнала записи и модуляции тока ВЧ подмагничивания по  
25 результатам этого анализа, что значительно усложнило бы систему записи и выходит за рамки задачи данной разработки. На практике параметры взвешивающих фильтров сигналов управления моделируют под усредненную энергетическую  
30 геттику сигналов записи.

Все сказанное выше относится к выбору характеристик регулирования тока ВЧ подмагничивания, не затрагивая параметры устройств, их реализующих. Последние должны с требуемой точностью регулировать ток подмагничивания  
35 при подаче на вход реальных динамично-изменяющихся сигналов. Регулирование осуществляется посредством огибающей, полученной детектированием высокочастотных сос-

- 6 -

- 5 тавляющих сигнала записи, которая несет лишь усредненную информацию о подмагничивающем действии высокочастотных составляющих сигнала, которая еще больше усредняется в последующих звеньях цепи управления током ВЧ подмагничивания. Все это вносит как статическую (из-за нелинейности звеньев цепи управления), так и динамическую (из-за конечного времени распространения сигналов в цепи управления) погрешности в реализацию выбранной кривой подмагничивания.
- 10 На графиках кривых I-U подмагничивания данные инструментальные погрешности приводят к расширению полос подмагничивания до (3-6) дБ, что может не только сводить на нет преимущества способов записи с СДП, но и иметь субъективное ухудшение звучания фонограмм, записанных
- 15 по данным способам, по сравнению со способом записи с фиксированным током ВЧ подмагничивания. Примером этому может служить способ записи по системе "Dolby HX", использующей принцип прямого регулирования тока подмагничивания (при этом нелинейности отдельных звеньев цепи управления
- 20 суммируются) и имеющей большую динамическую погрешность в реализации выбранной кривой подмагничивания (выбраны большие времена запаздывания при распространении сигналов в цепи управления генератором стирания - подмагничивания).
- 25 Известны также более совершенные способы записи и устройства, реализующие их (система "Dolby HXPro" (Pannel Ch. "Bang et Olufsen Jnnove: Le Dolby HX pro. Le Haut-Parleur", 1981, Novembre № 1674, p.94-97) и система магнитной записи с адаптивным динамическим подмагничи-
- 30 ванием (SU, A, I448357), в которых для уменьшения статической погрешности отслеживания выбранной кривой подмагничивания цепь управления током подмагничивания охвачена петлей авторегулирования, а для уменьшения времени распространения сигналов управления управляют не сам
- 35 мим генератором тока стирания - подмагничивания, а цепью прохождения сигнала от генератора к головке записи. Из теории автоматики известно, что большую скорость уп-



- 7 -

- равления имеют устройства с меньшим потреблением энергии при прочих равных условиях. Время распространения сигнала управления пропорционально степени отклонения управляемого параметра от номинального, в данном случае - глубине амплитудной модуляции сигнала ВЧ подмагничивания.
- 5 В способе магнитной записи с адаптивным динамическим подмагничиванием выбирается большая глубина управления током подмагничивания (более 6 дБ), что снижает быстродействие петли управления. При уровне высокочастотных составляющих сигнала записи, большем динамического диа-
- 10 пазона носителя (более -8 - 10 дБ), глубина модуляции тока ВЧ подмагничивания продолжает возрастать, приводя к большей погрешности в реализации выбранной кривой подмагничивания.
- 15 Уровень записи самой высокочастотной составляющей при этом стабилизируется (большой перемодуляции носителя не возникает), но уровень интермодуляционных искажений при этом значительно возрастает (до -10 дБ), приводя к неприятным призвукам в области средних частот.
- 20 Из последнего следует, что при данном способе записи, дающем при статическом режиме измерения параметров повышение перегрузочной способности носителя в области высоких частот до 16 дБ, реальное расширение динамического диапазона составляет (5-10) дБ, в зависимости от выб-
- 25 ранного схемного решения и кривой подмагничивания. При уровнях входного сигнала в области верхних частот -12 дБ и более от номинального ширина характеристики подмагничивания в области средних частот значительно возрастает из-за увеличения времени прохождения сигналов управле-
- 30 ния и все большего отставания эффекта взаимного подмагничивания верхних частот на средние от уменьшения тока ВЧ подмагничивания. По рассматриваемому в (SU, А, I448357) способу магнитной записи практически невозможно вести запись на ускоренных скоростях перезаписи и
- 35 импульсных сигналов в аппаратуре точной магнитной записи по причине недостаточного быстродействия петли авторегулирования тока подмагничивания.

- 8 -

Для реального расширения динамического диапазона в области верхних частот записи недостаточно только модуляции тока ВЧ подмагничивания, необходимо ввести динамическую коррекцию сигнала записи. Для линеаризации характеристик его необходимо охватить петлей авторегулирования, время прохождения сигналов управления по которой нужно значительно сократить.

Использование динамической коррекции высокочастотных составляющих сигнала записи линеаризирует процесс записи, в самом деле: магнитофон, оснащенный СДП, настраивают сначала по уровню записи - 20 дБ от номинального до получения линейной АЧХ во всем диапазоне частот, после чего, увеличивая уровень входного сигнала, завал отдачи ленты на высоких частотах компенсируют уменьшением тока подмагничивания. При этом носитель оказывается в "критическом, оптимальном состоянии", небольшая неоптимальность тока подмагничивания ( $\pm 1$  дБ) приводит или к перемодуляции ленты и уменьшению отдачи, или к выбросу на АЧХ записанного сигнала в области верхних частот. Дело в том, что с уменьшением тока подмагничивания вместе с увеличением динамического диапазона носителя возрастает его чувствительность в области верхних частот записи, то есть появляется подъем АЧХ (М.В. Гитлиц "Магнитная запись сигналов", 1981, Радио и связь, Москва, с. 45-52). Этот подъем компенсируется перемодуляцией ленты, а увеличение динамического диапазона ленты используется как положительный эффект. Любая же перемодуляция носителя влечет за собой ухудшение параметров записанных сигналов: рост уровня интермодуляционных искажений, модуляционных шумов, уменьшение отдачи носителя, и так далее. Для компенсации уменьшения отдачи требуется дополнительное уменьшение тока подмагничивания. Если же для уменьшения выброса АЧХ при уменьшении тока подмагничивания использовать не перемодуляцию ленты, а динамическую коррекцию сигнала записи в области высоких частот, то вместе с улучшением параметров записанного сигнала потребуются меньшая глубина управления током

- 9 -

подмагничивания при большем на 1-2 дБ расширении динамического диапазона в области верхних частот. При этом неоптимальность тока подмагничивания в (+1 дБ) практически не влияет на линейность канала записи в области верхних частот, так как сигнал записи, подаваемый на головку записи остается меньшим критического вплоть до уровней входного сигнала -10 дБ от номинального. Это позволило бы выбрать для управления током подмагничивания кривую IV на фиг.1 при отклонении ее от среднего положения на (1-2) дБ при номинальных уровнях реальных звуковых сигналов в области верхних частот. При этом в области средних и нижних частот записи она бы переходила в кривую IV', соответствующую более точной компенсации недостатка тока подмагничивания, так как сама глубина регулировки тока подмагничивания несколько уменьшается для тех же уровней входных сигналов записи.

При больших коэффициентах амплитудной модуляции возрастают искажения формы сигнала ВЧ подмагничивания, что ухудшает шумовые характеристики процесса записи, ухудшается устойчивость петли авторегулирования тока подмагничивания. Для устранения этого недостатка можно разбить процесс регулирования тока подмагничивания на несколько стадий, например: одновременно регулировать частоту, амплитуду и форму сигнала тока подмагничивания. Глубина регулировки каждого параметра при этом уменьшится на (3-6) дБ по сравнению с глубиной амплитудного управления, что должно положительно сказаться на быстродействии и устойчивости петли авторегулирования. Последнее возможно реализовать на базе широтно-импульсного метода (Г.Кодричев "Още веднъж за магнитна запис", 1987, Радио, телевизия, електроника, № 4, с.18-20) получения тока записи.

При большем быстродействии схем управления током подмагничивания уменьшается также время пребывания их в состоянии отличном от номинального, что уменьшает эффект субъективного ощущения "работы СДП", ведь любое изменение уровня подмагничивания затрагивает целый ряд

- 10 -

характеристик сигнала записи: АЧХ, линейность (коэффициент гармоник), чувствительность, уровень модуляционных шумов (Б.Г.Коллендер "Испытания студийных магнитофонов", 1979, Связь, Москва, с.30-44) и так далее.

- 5           Наиболее близким по своей технической сущности к предлагаемому изобретению представляется способ магнитной записи с адаптивным подмагничиванием (SU ,А,1448357), в котором при осуществлении записи информационного сигнала на магнитный носитель, на головку записи подают ток
- 10 сигнала записи, содержащий информацию, и ток высокочастотного (ВЧ) подмагничивания. Одновременно в параллельной цепи осуществляют преобразование суммы токов сигнала записи и сигнала подмагничивания в сигнал управления, который используют для управления амплитудой тока
- 15 подмагничивания. Преобразование представляет собой процесс усиления высокочастотных составляющих спектра сигнала записи по сравнению с током ВЧ подмагничивания, известный как процесс взвешивания. Затем взвешенный сигнал детектируют и полученный продетектированный сигнал сравнивают
- 20 с опорным напряжением, получая сигнал сравнения, который выполняет роль сигнала управления током подмагничивания (точнее - его амплитудного модулирования), добиваясь расширения полосы эффективно записываемых частот. Однако и в этом известном способе не возможно добиться полного
- 25 использования модуляционной способности носителя записи для реальных звуковых сигналов, не ухудшая основных параметров записанного сигнала (линейность амплитудно-частотной и фазово-частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ), нелинейные и интермодуляционные искажения)
- 30 по причине того, что несовершенен алгоритм оптимизации тока подмагничивания, так как во-первых для его управления использована глубокая модуляция одного параметра (амплитуды), что ухудшает динамические характеристики СДП, устойчивость петли авторегулирования и искажения
- 35 формы тока подмагничивания.

Во-вторых нелинейность АЧХ записанного сигнала при уменьшении тока подмагничивания компенсируется перемо-

## - II -

дуляцией ленты, а не посредством динамической коррекции сигнала, которая кроме того уменьшает требуемую глубину модуляции тока подмагничивания.

5 Кроме того большая глубина управления током подмагничивания увеличивает чувствительность параметров записанного сигнала к статической и динамической погрешности установки тока подмагничивания, что усложняет настройку системы и ухудшает параметры реального записанного сигнала в его динамическом изменении.

10 Наиболее близким по своей технической сущности к предлагаемому изобретению представляется устройство магнитной записи с адаптивным подмагничиванием (SU , А, I539830), в котором реализуется способ магнитной записи с адаптивным подмагничиванием (SU , А, I448357), содержащее усилительную схему для получения информационного  
15 сигнала, и блок формирования сигнала высокочастотного подмагничивания. Их выходы непосредственно связаны с головкой записи. Устройство также содержит блок формирования сигнала управления током подмагничивания, вход которого подключен к головке записи, а выход - к входу блока  
20 формирования сигнала высокочастотного подмагничивания, что способствует расширению полосы эффективно записываемых частот.

Однако и в этом устройстве невозможно добиться полного  
25 использования модуляционной способности носителя записи для реальных звуковых сигналов, не ухудшая основных параметров записанного сигнала, по причине того, что блок формирования сигнала ВЧ подмагничивания вносит значительную погрешность в точность установки оптимального тока  
30 подмагничивания, так как управление осуществляется непосредственно большим уровнем сигнала подмагничивания, а не вспомогательным сигналом меньшей мощности и амплитуды.

Кроме того нужно значительно уменьшить требования к  
35 фильтрации сигнала подмагничивания, при сохранении требований к параметрам записанного сигнала. В этом известном устройстве этого сделать невозможно, так как для получения требуемой симметрии сигнала подмагничивания

- 12 -

приходится включать в генератор подмагничивания LC- контуры, скорость управления сигналом подмагничивания на которых значительно падает.

Здесь необходим цифро-аналоговый синтез сигнала  
5 подмагничивания.

В этом известном устройстве головка записи не включена в цепь обратной связи по току записи, что ухудшает процесс обработки сигнала записи до его подачи на головку и во время записи, а также усложняет настройку всего  
10 устройства в целом.

В блок формирования высокочастотного подмагничивания нельзя ввести усилительную схему, охватив ее петлей авторегулирования.

#### Раскрытие изобретения

15 В основу изобретения положена задача создания такого способа магнитной записи, при котором осуществлялось управление частотой сигнала высокочастотного подмагничивания и сокращалось время прохождения сигналов управления, обеспечивая адаптивное подмагничивание при умень-  
20 шенной статической и динамической погрешности установки оптимального тока подмагничивания, а также устройства для осуществления такого способа.

Поставленная задача решается тем, что в способе магнитной записи информационного сигнала на магнитный  
25 носитель, заключающемся в том, что формируют сигнал высокочастотного подмагничивания магнитного носителя, подают его и сигнал записи, содержащий в себе информационный сигнал, через головку записи на магнитный носитель, из сигнала записи и сигнала высокочастотного подмагничи-  
30 вания формируют сигнал управления током сигнала высокочастотного подмагничивания и модулируют им сигнал высокочастотного подмагничивания, согласно изобретению, дополнительно создают сигнал дискретизации, частоту которого изменяют посредством указанного сигнала управ-  
35 ления в диапазоне частот от 40 до 200 кГц и полученным сигналом дискретизации осуществляют широтно-импульсную модуляцию информационного сигнала, причем комбинацион-

- 13 -

ные составляющие широтно-импульсно модулированного сигнала служат током высокочастотного подмагничивания, а низкочастотные составляющие служат сигналом записи, и одновременно с широтно-импульсной модуляцией формируют сигнал обратной связи по току сигнала записи.

Целесообразно, чтобы в способе сигналом управления дополнительно изменяли бы амплитуду сигнала дискретизации в диапазоне величин от 0,3 до 3 В.

Желательно, чтобы в способе амплитуду сигнала дискретизации изменяли бы параметрически посредством изменения частоты этого же сигнала.

Разумно, чтобы в способе, с точки зрения получения оптимальных результатов, амплитуду сигнала дискретизации изменяли в диапазоне величин от 0,6 до 2 В.

Поставленная задача решается также тем, что в устройстве магнитной записи информационного сигнала на магнитный носитель, содержащем усилительную схему для получения информационного сигнала, блок формирования сигнала высокочастотного подмагничивания, выходы которых электрически связаны с головкой записи, и блок формирования сигнала для управления сигналом высокочастотного подмагничивания, согласно изобретению, блок формирования сигнала высокочастотного подмагничивания выполнен в виде последовательно соединенных генератора для получения сигнала дискретизации и широтно-импульсного модулятора для осуществления широтно-импульсной модуляции информационного сигнала посредством сигнала дискретизации, причем выход широтно-импульсного модулятора подключен к входу головки записи, а выход усилительной схемы подключен ко второму входу широтно-импульсного модулятора, к которому подключен также выход головки записи для формирования обратной связи по току сигнала записи.

Допустимо, чтобы в устройстве блок формирования сигнала высокочастотного подмагничивания дополнительно содержал бы схему управления амплитудой сигнала дискретизации, выход которой был бы подключен к первому входу широтно-импульсного модулятора, а вход - элект-

- I4 -

рически связан с выходом блока формирования сигнала управления для осуществления изменения амплитуды сигнала дискретизации.

5 Также целесообразно, чтобы в устройстве вход схемы управления амплитудой сигнала дискретизации был бы подключен к выходу генератора, вход которого был бы подключен к выходу блока формирования сигнала управления.

10 Весьма разумно, чтобы в устройстве вход схемы управления амплитудой сигнала дискретизации был бы непосредственно подключен к выходу блока формирования сигнала управления.

Предлагаемое изобретение позволяет осуществить управление частотой сигнала высокочастотного подмагничивания и повысить быстродействие цепи управления током высокочастотного подмагничивания, благодаря использованию ШИМ-модуляции информационного сигнала, что позволяет 15 осуществить цифро-аналоговый синтез сигнала подмагничивания (сигнал дискретизации может быть сформирован и преобразован в цифровых микросхемах), что значительно повышает быстродействие указанного процесса формирования и обработки.

Кроме того ШИМ позволяет реализовать параметрическую динамическую коррекцию сигнала записи простыми 25 средствами, то есть одним изменением амплитуды сигнала дискретизации.

Благодаря проведению ШИМ возможно осуществлять в процессе управления сигналом подмагничивания его частотную модуляцию с высокой стабильностью параметров только за счет изменения частоты сигнала дискретизации.

30 Сокращение времени прохождения сигналов управления, то есть повышение быстродействия цепи формирования сигналов управления, позволяет снизить динамическую погрешность установки оптимального тока подмагничивания, а цифро-аналоговая обработка, ставшая возможной благодаря ШИМ, позволила уменьшить статическую погрешность 35 установки оптимального тока подмагничивания на 1-4 дБ.

Реализуемая в данном способе и устройстве параметрическая динамическая коррекция сигнала записи поз-



- 15 -

воляет снизить глубину модуляции тока высокочастотного подмагничивания и улучшить параметры записываемого сигнала (линейность амплитудной частотной и фазо-частотной характеристик), уменьшить уровень интермодуляционных  
5 искажений.

В предлагаемом устройстве осуществлено включение головки записи в цепь обратной связи (ОС), что позволило дополнительно улучшить параметры сигнала записи так же как уровень нелинейных искажений, линейность  
10 АЧХ и ФЧХ.

Таким образом, предлагаемое решение позволяет решить поставленную задачу, что дает возможность более полно использовать модуляционные способности носителя для реальных информационных сигналов без ухудшения параметров сигнала записи по сравнению с информационным.  
15

Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных, но не ограничивающих настоящее изобретение примеров осуществления, и прилагаемыми чертежами, на которых:  
20

фиг.1 - семейство графиков, иллюстрирующих зависимость оптимальных токов подмагничивания от частоты сигналов дискретизации, в известных способах магнитной записи;

25     фиг.2 - схема-алгоритм осуществления способа магнитной записи, согласно изобретению;

фиг.3 - схема-алгоритм осуществления второго варианта способа магнитной записи;

фиг.4 - блок-схема устройства магнитной записи;

30     фиг.5 - другой вариант блок-схемы устройства магнитной записи;

фиг.6 - еще один вариант блок-схемы устройства магнитной записи;

35     фиг.7 а, б, в, г - эпюры соответственно сигнала дискретизации, ШИМ - сигнала, тока подмагничивания и сигнала управления током подмагничивания без подачи информационного сигнала;

- 16 -

фиг.8 - а, в, с, d - эпюры соответственно сигнала дискретизации, информационного сигнала, ШИМ-сигнала и сигнала управления;

фиг.9 - семейство графиков, иллюстрирующих зависимость тока сигнала дискретизации от его частоты при различных исходных уровнях сигнала дискретизации.

Лучший вариант осуществления изобретения

Предлагаемый способ магнитной записи информационного сигнала может быть описан с помощью условной  
10 схемы-алгоритма (фиг.2). Информационный сигнал  $U_1$ , подлежащий записи на магнитный носитель, следует подать посредством головки I записи на магнитный носитель, на который также необходимо подать ток высокочастотного подмагничивания для линеаризации характеристик магнитного носителя, для чего формируют сигнал  $U_2$  высокочастотного подмагничивания магнитного носителя. Для  
15 формирования сигнала  $U_2$  высокочастотного подмагничивания создают так называемый сигнал  $U_3$  дискретизации (подробнее об этом сигнале ниже), причем частоту этого сигнала дискретизации изменяют посредством сигнала  $U_4$   
20 управления в диапазоне от 40 до 200 кГц. Посредством полученного сигнала  $U_3$  дискретизации модулируют информационный сигнал  $U_1$  по закону широтно-импульсной модуляции, получая сигнал  $U_5$  широтно-импульсной  
25 модуляции, содержащий в своем спектре низкочастотные составляющие с частотой информационного сигнала  $U_1$ , составляющие с частотами, кратными частоте дискретизации, и их комбинационные составляющие, последние и служат током сигнала  $U_2$  высокочастотного подмагничивания,  
30 предназначенным для подмагничивания магнитного носителя. Таким образом на головку I записи подают ШИМ-сигнал, содержащий в себе сигнал  $U_2$  высокочастотного подмагничивания и сигнал  $U_6$  записи, содержащий информационный сигнал. Опишем кратко процесс получения сигнала  $U_4$   
35 управления, осуществляемый обычным путем, например так, как в прототипе: указанный ШИМ-сигнал, содержащий в себе оба сигнала (как говорилось выше) и подаваемый на

- 17 -

головку I записи, одновременно подвергают преобразованию, которое представляет собой процесс усиления высокочастотных составляющих спектра сигнала записи по сравнению с током подмагничивания (процесс взвешивания). Затем взвешенный сигнал детектируют и сравнивают полученный продетектированный сигнал с опорным напряжением, получая сигнал сравнения, являющийся сигналом  $U_4$  управления. Таким образом процесс формирования сигнала  $U_4$  управления замыкает петлю авторегулирования тока подмагничивания. Дополнительно в предлагаемом способе осуществляют формирование сигнала  $U_7$  обратной связи по току сигнала записи, снимаемого с выхода головки I записи и воздействующего на процесс широтно-импульсной модуляции информационного сигнала.

Во избежание появления обратной связи по току подмагничивания осуществляют его отвод на общую шину, например, через емкость С.

Описываемый вариант способа магнитной записи позволяет совершенствовать процесс управления частотой сигнала ВЧ подмагничивания при сокращении времени прохождения сигналов управления по кольцу автоматического регулирования за счет цифро-аналогового формирования сигнала высокочастотного подмагничивания.

В предлагаемом способе магнитной записи возможно также осуществить управление непосредственно амплитудой сформированного сигнала  $U_3$  (фиг.3) дискретизации, то есть модулировать его сигналом управления  $U_4$  (см. стрелку "А"), при этом получают амплитудно-модулированный сигнал дискретизации  $U_4$ , посредством которого осуществляют широтно-импульсную модуляцию информационного сигнала с динамической коррекцией сигнала  $U_6$  записи.

В предлагаемом способе магнитной записи описанную выше амплитудную модуляцию сигнала дискретизации можно осуществить параметрически, посредством изменения частоты сигнала  $U_3$  дискретизации в процессе его формирования (схема способа при этом подобна изображенной на

- 18 -

фиг.3 но без стрелки "А"). При этом частоту сигнала дискретизации изменяют как и раньше в диапазоне частот от 40 до 200 кГц посредством сигнала управления, добиваясь изменения амплитуды сигнала дискретизации в диапазоне 5 величин от 0,3 до 3 В.

Это позволяет осуществлять динамическую коррекцию сигнала  $U_6$  записи синфазно с динамическим подмагничиванием. Остановимся подробнее на описании упомянутых сигналов, используемых в данном способе магнитной записи 10 информационного сигнала. ШИМ-сигнал, получаемый в результате процесса модуляции информационного сигнала  $U_1$ , представляет собой функцию времени  $t$ , подобно описанной (Н.В.Зернов, В.Г.Карпов "Теория радиотехнических цепей", 1965, Энергия, Москва, Ленинград).

$$U(t) = U f_3 \Delta t_{\max} \cos 2\pi f_1 t - U \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2\pi n f_3 t - \pi)}{n\pi} +$$

$$U \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \frac{2\pi}{n\pi} \int_m (2\pi n f_3 \Delta t_{\max}) \times \sin[2\pi(n f_3 + m f_1)t +$$

$$+ \frac{m\pi}{2}] \quad (I)$$

15 где  $\Delta t_{\max}$  - максимальное смещение фронтов ШИМ-сигнала от исходного;

$f_1$  - частота информационного сигнала;

$f_3$  - частота сигнала дискретизации;

$f_6$  - частота сигнала записи;

20  $n$  - номер гармоник сигнала дискретизации;

$n = 1, 3, 5, 7, \dots$

$m$  - номер гармоник сигнала записи;

$m = 1, 2, 3, \dots$

$\int_m$  - функция Бесселя.

25 Для упрощения и наглядности данной формулы в ней опущена зависимость ШИМ-сигнала от изменения сигнала  $U_4$  управления.

В формуле (I) член  $f_3 \Delta t_{\max}$  ничто иное, как коэф-

- 19 -

коэффициент модуляции ШИМ-сигнала, покажем это, в самом деле

$$f_3 = \frac{I}{T_3} = \frac{I}{T_{3\max} + T_{3\min}} = \frac{I}{T_3 + T_3}, \quad (2)$$

тогда  $f_3 \Delta t_{\max} = \frac{\Delta t_{\max}}{T_3} = \frac{T_{3\max} - T_{3\min}}{T_{3\max} + T_{3\min}} = K_{\text{мод}}, (3)$

где  $T_3$  - период сигнала дискретизации,

5  $T_{3\max}$  - максимальная длительность импульса в периоде сигнала дискретизации,

$T_{3\min}$  - минимальная длительность паузы между импульсами в периоде сигнала дискретизации.

$K_{\text{мод}}$  - коэффициент модуляции ШИМ-сигнала.

10 Составляющая спектра  $U_{\text{мод}} \cos 2\pi f_1 t$ , представляющего сигнал записи, имеет частоту информационного сигнала, уровень которой пропорционален амплитуде ШИМ-сигнала и коэффициенту его модуляции.

Члены ряда

$$U \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin(2\pi n f_3 t - \pi)$$

15 имеют частоты, кратные частоте дискретизации, и описывают функцию формы меандра со скважностью 2. Их амплитуда пропорциональна амплитуде ШИМ-сигнала. При определенном выборе частоты дискретизации они выполняют функцию сигнала ВЧ подмагничивания.

20 Оставшиеся составляющие в спектре ШИМ-сигнала являются комбинационными сигнала записи и сигнала дискретизации. Их амплитуды при фиксированных значениях  $n$  определяются значением функции Бесселя  $J_m(2\pi n K_{\text{мод}})$ . При  $m > 2\pi n K_{\text{мод}}$  их амплитуда не превышает 0,3% от

25 соответствующей гармоники частоты сигнала дискретизации. Если ограничиться  $K_{\text{мод}} \leq 0,5$ , то мощность, заключенная в спектре всех комбинационных составляющих, не превышает 3% мощности первой гармоники частоты сигнала дискретизации, что указывает на практическое отсутствие их

30 влияния на процесс подмагничивания.

При формировании сигнала обратной связи по току сигнала записи головка I записи оказывается включенной в цепь обратной связи, а модулятор служит для нее ис-

- 20 -

точником тока по току сигнала записи. Данное решение позволяет выполнять многие функции:

1) устраняет статическую ошибку процесса модуляции, убирая постоянную составляющую тока через головку I записи,

2) уменьшает искажения тока сигнала записи, вносимые нелинейностью самой головки I, что подробно описано (Ю.Булычев, М.Ерунов "Корректирующие усилители на ОУ", 1987, Радио, № 10, с.38-40),

3) осуществляет частотные предискажения в области верхних частот записи, необходимые для компенсации фазово-волновых и прочих потерь при записи,

4) участвует в реализации динамической коррекции. Остановимся на последнем подробнее.

Коэффициент модуляции прямо пропорционален уровню входного сигнала и крутизне преобразования модулятора

$$K_{\text{мод}} = U_1 s(f_1), \quad (4)$$

где  $U_1$  - амплитуда информационного сигнала (входной сигнал),

$s(f_1)$  - крутизна преобразования модулятора, являющаяся функцией частоты.

Крутизна  $s$  преобразования модулятора, не охваченного 100% отрицательной обратной связью (ООС) потока записи, обратно пропорциональна уровню сигнала

дискретизации  $U_3$ , то есть

$$s = \frac{1}{U_3}, \quad (5)$$

При охвате же модулятора 100% ООС по току записи осуществляется стабилизация крутизны преобразования.

Поясним это на примере: пусть напряжение дискретизации возрастет в 2 раза, тогда уровень НИ составляющей на выходе модулятора должен уменьшиться в 2 раза, что привело бы к уменьшению сигнала ООС тоже в 2 раза, последнее же приводит к возрастанию коэффициента усиления модулятора в 2 раза по току сигнала записи.

Поэтому уровень составляющей сигнала записи в спектре ШИМ-сигнала не изменяется при изменении сигнала

- 2I -

$U_3$ , то есть

$$s_0 = \text{const}, \quad (6)$$

где  $s_0$  - крутизна преобразования модулятора при охвате его 100% ООС.

- 5 В нашем случае цепь сигнала частотно зависимая. На ее частотную зависимость накладываются резонансные явления в цепи головки I записи и конденсатора С. При настройке этой цепи в резонанс на верхней частоте записи крутизна преобразования запишется так

$$10 \quad s(f_1) = s_0 + \frac{f_1^k}{U_3 K_0 f_8^k} \quad (7)$$

где  $K_0$  - коэффициент передачи цепи обратной связи,  
 $f_8$  - резонансная частота настройки контура головки I записи и конденсатора С,

- 15  $k$  - коэффициент, учитывающий добротность цепи головки I, который практически может быть 1-3, но наиболее приемлем  $k=2$ .

Проанализируем формулу (7) с точки зрения влияния на крутизну преобразования уровня сигнала  $U_3$  дискретизации. При больших уровнях напряжения дискретизации частотно зависимый член  $\frac{f_1^k}{U_3 K_0 f_8^k}$  стремится к нулю, крутизна преобразования модулятора устремляется к  $s_0$ , то есть  $s(f_1) \rightarrow s_0$ . При малых уровнях напряжения дискретизации частотно зависимый член крутизны сравнивается с  $s_0$  или же превышает его, устремляясь к бесконечности. При  $U_3 = 0$  модулятор возбуждается на частоте резонанса контура головки. Практически желательно использовать уровни сигнала дискретизации от 0,5 до 2 В.

- 30 Остановимся подробнее на форме сигнала дискретизации. Из сказанного выше видно, что при охвате модулятора 100% отрицательной обратной связью жестких требований к форме и амплитуде сигнала дискретизации не предъявляется, а сама крутизна  $s_0$  численно равна  
 35 коэффициенту усиления модулятора по низкой частоте. То есть будь то сигнал треугольной синусоидальной, пилообразной формы, ухудшения линейности преобразования не

- 22 -

будет. Однако при уменьшении глубины ООС, на высоких частотах записи, при малых уровнях сигнала дискретизации, линейность преобразования сигнала записи будет ухудшаться. То есть приоритет должен оставаться за треугольной формой сигнала дискретизации. При увеличении сигнала дискретизации, в процессе управления, требования к его форме уменьшаются, так как частотно-зависимая часть крутизны уменьшается по отношению к постоянной составляющей крутизны преобразования.

Предлагаемое устройство магнитной записи содержит усилительную схему 2, предназначенную для приема информационного сигнала  $U_1$ , включающую, например, операционный усилитель 3, охваченный цепью обратной связи посредством конденсатора 4 и резисторов 5, 6, и выходной резистор 7.

Устройство содержит также блок 8 формирования сигнала ВЧ подмагничивания, включающий генератор 9 сигнала дискретизации и широтно-импульсный модулятор 10, реализованный, например, на операционном усилителе 11 и RC - цепочке из резистора 12 и конденсатора 13. Выход усилительной схемы 2 через блок 8 формирования сигнала подмагничивания электрически связан со входом головки I записи, а выход блока 8 непосредственно соединен с входом головки I записи.

Устройство содержит также блок 14 формирования сигнала управления током подмагничивания, вход которого подключен к входу головки I записи, а выход - к входу блока 8 формирования сигнала ВЧ подмагничивания. Схемотехнически он может быть выполнен так же, как в прототипе и аналогах. Выход головки I записи подключен к инвертирующему входу операционного усилителя 3 через частотно-зависимую цепь обратной связи, включающую резистор 15 и конденсатор 16.

По току сигнала подмагничивания выход головки I записи соединен с общей шиной через конденсатор 17.

Блок 8 формирования тока ВЧ подмагничивания может также включать схему 18 (фиг.5) управления ампли-



тудой сигнала дискретизации, выход которой подключен к первому входу модулятора I0, а вход электрически связан с выходом блока I4 (в данном случае электрическая связь осуществляется через генератор 9 дискретизации за счет подключения выхода последнего к входу схемы I8). Таким образом осуществляется параметрическое изменение уровня сигнала дискретизации посредством изменения его частоты, а сама схема I8 управления может реализовываться на операционном усилителе I9, охваченным цепью частотно-зависимой обратной связи (резисторы 20, 21, 22 и конденсаторы 23, 24). Генератор 9 дискретизации может быть построен на основе преобразователя напряжение - частота .

Возможно также осуществление указанной электрической связи за счет непосредственной подачи сигнала управления (стрелка "А") на управляющий вход схемы I8 управления (фиг.5), в данном случае этот сигнал управления подается на управляющий электрод полевого транзистора 25, образующего с резистором 26 управляемый электронный делитель.

В последнем случае несколько упрощается схемотехника схемы I8 управления при некоторой потере синфазности изменения частоты и амплитуды сигнала дискретизации на выходе схемы управления I8.

Возможно также, что генератор 9 не подключен к выходу блока I4 управления, (на фиг.4-6 не показано), в этом случае осуществляется только амплитудное управление сигналом  $U_3$  дискретизации. При этом реализуется только динамическая коррекция сигнала  $U_6$  записи, процесс же динамического подмагничивания при этом практически отсутствует. Однако остальные преимущества, заложенные в данном способе, дают большой положительный эффект по сравнению со способом записи с фиксированным током подмагничивания.

Рассмотрим работу устройства магнитной записи. В отсутствие входного информационного сигнала  $U_1$  на первый вход операционного усилителя II (фиг.4)

- 24 -

поступает от генератора 9 сигнал дискретизации  $U_3$  треугольной формы (фиг.7а). При изменении полярности сигнала дискретизации операционный усилитель II (фиг.4) переключается, и на его выходе формируется сигнал  $U_2$  подмагничивания прямоугольной формы (фиг.7б) представляющий собой несущую ШИМ-сигнала. Сигнал  $U_2$  через резистор I2 и конденсатор I3 подается на головку I записи для осуществления подмагничивания в процессе записи. Резистор I2, конденсатор I3 и головка I интегрируют сигнал, в результате чего ток  $I_2$  подмагничивания в головке I записи приобретает треугольную форму (фиг.7с). С выхода головки I записи он замыкается на общую шину через конденсатор I7. Постоянная составляющая интегрирования через резистор I5 подается на инвертирующий вход операционного усилителя II для ее минимизации посредством отрицательной обратной связи (ООС). Сигнал с выхода модулятора IO параллельно подается на блок I4 формирования сигнала  $U_4$  управления (фиг.7а). Первоначально сигнал  $U_2$  подмагничивания, как и в прототипе, ослабляется во взвешивающем фильтре, детектируется в двухполупериодном детекторе и сравнивается с опорным напряжением. Результатом сравнения является сигнал  $U_4$  управления (фиг.7а), который подает на генератор 9 сигнала дискретизации, выполненный в виде генератора управляемого напряжением (ГУН), в результате чего на его выходе устанавливается сигнал  $U_3$  дискретизации определенной частоты, соответствующей требуемой частоте сигнала подмагничивания (пунктирная линия на фиг.7а).

Здесь необходимо отметить, что эту частоту, при отсутствии сигнала записи, желательно засинхронизировать с частотой генератора стирания по любой из известных схем, или же разнести эти частоты на (15-20) кГц, чтобы их биения не попадали в диапазон сигнала  $U_6$  записи.

Установленный на выходе генератора 9 сигнал дискретизации замыкает цепь авторегулирования тока подмагничивания, которая при отсутствии сигнала  $U_6$  записи

- 25 -

стабилизирует частоту генератора 9 дискретизации.

Подадим теперь на входную схему 2 информационный сигнал записи. В нем осуществляется типовая низкочастотная коррекция с постоянной времени порядка  $6800 \mu s$ ,  
5 которая компенсирует уменьшение отдачи носителя на низких частотах записи, для этого операционный усилитель 3 охвачен частотозависимой цепью обратной связи из резисторов 5,6 и конденсатора 7. В данной схеме резистором 5 регулируется коэффициент усиления каскада, при этом  
10 постоянная времени коррекции не изменяется, а наводки токов подмагничивания и стирания будут минимальными, если вход усилителя 3 непосредственно соединить с источником информационного сигнала  $U_1$ , или же через ФНЧ первого порядка с постоянной времени  $3-5 \mu s$ , защищающей вход  
15 от ВЧ наводок.

Далее информационный сигнал (фиг.8а), обработанный усилительной схемой 2,  $U_1$  подается на инвертирующий вход операционного усилителя II модулятора IO, на второй вход которого подается сигнал дискретизации (фиг.8а)  $U_3$ .  
20 В данном случае переключение усилителя 3 происходит также при смене полярности сигнала  $U_3$  дискретизации, но уже относительно информационного сигнала  $U_1$  (фиг.8в), поэтому на выходе модулятора IO будет иметь место смещение  $\Delta t$  фронтов ШИМ-сигнала, которое отражает закон  
25 изменения информационного сигнала. Таким образом, на выходе модулятора IO имеет место сумма сигналов подмагничивания и записи  $U_2 + U_6$ . На индуктивности головки I записи, конденсаторе I3 и резисторе I2 происходит демодуляция сигнала  $U_6$  записи, поэтому на магнитном носителе  
30 сигнал записывается в аналоговой форме (фиг.8с), на низких частотах сигнала записи крутизна преобразования определяется отношением суммы сопротивлений резисторов I2, I5 и головки I записи к сопротивлению резистора 7. Резисторы I2, I5 при этом выполняют функции токостабили-  
35 зирующих. Компенсация волновых потерь на верхних частотах записи осуществляется замыканием части тока  $i_6$  записи верхних и умеренно верхних частот на землю через конден-

- 26 -

саторы I7, I6, причем конденсатор I7 с головкой I записи образует последовательный резонансный контур, а конденсатор I6 включен в две цепочки: с резистором 7 и с резистором I5. RC - цепочка R7-CI6 ограничивает высокочастотные наводки по входу информационного сигнала  $U_1$  и устраняет склонность контура к возбуждению модулятора IO на частоте резонанса головки I, ее постоянная времени может равняться  $3-20 \mu s$ . Цепочка RI5-CI6 осуществляет подъем на частотах  $0,5 f_b - f_b$  и имеет постоянную времени  $10-70 \mu s$ , где  $f_b$  - верхняя частота диапазона. Посредством конденсатора I7 частоту контура головки I записи перестраивают в диапазоне  $0,75 f_b - 2f_b$ . Добротность контура головки можно регулировать включением параллельно головке I резистора. Как было показано выше влияние цепей RI5-CI6 и контура головки I с емкостью I7 на коррекцию сигнала в области верхних частот зависит от уровня сигнала дискретизации. При больших уровнях сигнала дискретизации влияние этих цепей минимально, при малых - влияние их максимально. При указанных выше номиналах цепей диапазон изменения напряжения дискретизации должен быть  $(0,3-3) В$ , при этом коррекция на верхней частоте записи будет изменяться на 12 дБ. При динамическом изменении сигнала дискретизации в зависимости от уровня высокочастотных составляющих информационного сигнала будет осуществляться динамическая коррекция сигнала  $U_6$  записи.

При изменении же частоты сигнала дискретизации происходит изменение амплитуды тока подмагничивания через головку записи, так как сопротивление головки с ростом частоты возрастает и ток через головку уменьшается. Увеличение глубины изменения тока происходит в цепочке RI2CI3, частота среза которой должна выбираться в соответствии с начально установленной частотой тока подмагничивания в пределах  $(1-2) \mu s$ .

Как видно из сказанного управление током подмагничивания и коррекцией тока  $i_6$  записи можно осуществлять посредством изменения частоты и уровня сигнала  $U_3$  дискретизации, в зависимости от уровня и спектра высо-

- 27 -

к частотных составляющих информационного сигнала  $U_1$ .

Данные функции осуществляются посредством блока I4 формирования сигнала управления.

Для управления уровнем сигнала  $U_3$  дискретизации  
5 вводится схема I8 управления амплитудой сигнала дискретизации (фиг.5,6). Управление может осуществляться как управлением коэффициентом передачи схемы I8 (фиг.6), так и параметрически – посредством прохождения сигнала  $U_3$  дискретизации изменяющейся частоты через частотно-  
10 зависимую схему I8 (фиг.5). Более того, возможна реализация генератора 9 дискретизации с управляемыми частотой и амплитудой по одному сигналу управления. При этом отпадает необходимость в схеме I8 управления амплитудой сигнала дискретизации.

15 Рассмотрим требования к блоку I4 формирования сигнала управления. Функционально он не отличается от применяемого в прототипе. Однако при реализации функции динамической коррекции несколько изменяются требования к глубине управления током подмагничивания, она будет  
20 меньше чем у прототипа. В предлагаемом способе записи, скорость и точность управления током подмагничивания возрастают, поэтому квазипиковый детектор взвешенного сигнала должен иметь меньшую постоянную времени. А само выпрямление взвешенного сигнала должно происходить в  
25 двухполупериодной схеме, чтобы после сглаживания с меньшей постоянной времени остатки среднечастотного спектра сигнала записи воздействовали на сигнал управления в каждый полупериод сигнала записи. Это не внесет асимметрии в сигнал записи, так как в каждый полупе-  
30 риод ток подмагничивания будет отслеживать фазу среднечастотных составляющих информационного сигнала.

Предлагаемый способ магнитной записи информационного сигнала проиллюстрируем на примерах.

Пример I.

35 Выбираем амплитуду несущей ШИМ-сигнала равной  $\frac{2U}{\pi}$ , что следует из формулы (I). При практической реализации модулятора IO величина  $2U$  представляет собой размах

- 28 -

напряжения питания. В случае использования операционного усилителя в качестве модулятора  $U = \pm 15\text{В}$ , тогда напряжение сигнала подмагничивания

$$U_2 = \frac{2U}{\pi} \approx 10\text{ В.}$$

- 5 Для записи использовали универсальную головку записи, средняя индуктивность которой равна  $L_r = 0,1\text{ Гн}$ . Ток подмагничивания выбран в пределах  $I_2 = 0,4-0,15\text{ мА}$  для разных частот сигнала записи. Для получения такого диапазона токов подмагничивания частоту дискретизации изменяли в диапазоне  $f_3 = 40 - 110\text{ кГц}$ , покажем это:

$$I_2 = \frac{U_2}{\omega L_r} \rightarrow f_2 = \frac{U_2}{2\pi I_2 L_r} \quad (8)$$

$$f_{21} = \frac{10}{6,28 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1} = 40\text{ кГц}$$

$$f_{22} = \frac{10}{6,28 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1} = 110\text{ кГц}$$

- 10 Практически, учитывая специфику реализующих схем и начального выбора тока подмагничивания оптимального для средних частот, этот диапазон для выбранной головки записи сужается до диапазона  $f_3 = 60-90\text{ кГц}$ .

Пример 2.

- 15 Рассмотрим также пример использования специализированных головок записи, имеющих среднюю индуктивность  $L_r = 0,02\text{ Гн}$ . Необходимый ток подмагничивания для них  $I_2 = 1-0,4\text{ мА}$ . Тогда из формулы (8) частоту нужно изменять в диапазоне  $f_3 = 80-200\text{ кГц}$ . За счет  
20 вышеуказанных факторов она сужается до  $f_3 = 100-150\text{ кГц}$ .

- Этот диапазон получен в случае использования определенного напряжения питания, в данном случае  $\pm 15\text{ В}$ . При использовании других напряжений питания, других головок записи и других элементов схемы включения  
25 частотный диапазон можно значительно смещать, в любую из сторон, но сохранив диапазон изменения частоты 40-200 кГц.

Таким образом из представленных примеров I, II становится очевидным, что для получения указанных выше ха-

- 29 -

рактических токa высокочастотного подмагничивания необходимо изменять частоту сигнала дискретизации в диапазоне 40-200 кГц для всех головок, причем оптимальным является диапазон 60-90 кГц, а для специализированных  
5 головок от 100 до 150 кГц.

Пример 3.

На фиг.9 графики зависимости крутизны  $S$  преобразования модулятора  $IO$  в предлагаемом изобретении. Уровень постоянной составляющей  $S_0$  крутизны преобразования на них совмещен с осью ординат  $f/f_b$ . Резонансная частота контура головки  $I$  записи и конденсатора  $I7$  совмещена с верхней граничной частотой сигнала записи, а частота среза цепи ОС выбрана равной  $0,5 f_b$ , причем цепь ОС выполнена в виде RC - цепочки.  
10

Опишем подробнее процедуру построения одного из графиков, например, графика  $U_{35}$ .  
15

На выходе генератора дискретизации устанавливают амплитуду сигнала дискретизации  $U_{35} = 2,0$  В. На вход усилителя подают информационный сигнал  $U_1$ , частоту которого изменяют в диапазоне от 0 до  $f/f_b = 1$ , при этом напряжение имеет одно из фиксированных значений диапазона, например, -10 дБ от номинального. Значения тока сигнала  $U_3$  записи через головку  $I$  записи измерялись вольтметром на резисторе, включенном последовательно с головкой  $I$  записи с шагом измерений 1 кГц и погрешностью  $\pm 0,5$  дБ. Аналогично были получены точки для построения графиков для  $U_{31} = 0,6$  В;  
20  $U_{32} = 0,8$  В;  $U_{33} = 1$  В;  $U_{34} = 1,3$  В. При этом вид графика не зависит от уровня информационного сигнала. Из примера III и графиков (фиг.9) также видно, что наиболее оптимальным диапазоном изменения амплитуды сигнала дискретизации можно считать диапазон  $U_3 = 0,6-2$  В, так как здесь достигнута наибольшая глубина управления крутизной преобразования модулятора, хотя при изменениях параметров схем и используемых головок диапазон изменения уровня сигнала дискретизации несколько расширится  $U_3 = 0,3-3$  В.  
30  
35

- 30 -

Таким образом в предложенных способе и устройстве магнитной записи в отличие от прототипа реализован более совершенный процесс управления током ВЧ подмагничивания за счет управления частотой сигнала ВЧ подмагничивания и сокращения времени прохождения сигналов управления. Кроме того эффект адаптивного подмагничивания в нем решается с меньшей глубиной регулировки тока подмагничивания при улучшении основных параметров записанного сигнала (линейность АЧХ и ФЧХ, уровень интермодуляционных и нелинейных искажений и так далее), чему дополнительно способствует введение динамической коррекции сигнала записи.

Специфика широтно-импульсного преобразования позволяет реализовать амплитудно-частотную модуляцию тока подмагничивания и динамическую коррекцию сигнала записи простыми техническими средствами при значительном уменьшении времени прохождения сигналов управления током подмагничивания, что позволяет значительно (на 1-4 дБ) уменьшить статическую и динамическую погрешности поддержания оптимального тока подмагничивания.

#### Промышленная применимость

Предлагаемый способ был использован в бытовых кассетных магнитофонах с различными системами лентопротяжных механизмов и высококачественных студийных магнитофонах.



- 31 -

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 I. Способ магнитной записи информационного сигнала на магнитный носитель, заключающийся в том, что формируют сигнал высокочастотного подмагничивания магнитного носителя и подают его и сигнал записи, содержащий в себе информационный сигнал, через головку записи на магнитный носитель, из сигнала записи и сигнала высокочастотного подмагничивания формируют сигнал управления током сигнала высокочастотного подмагничивания и модулируют им сигнал высокочастотного подмагничивания, отличающийся тем, что дополнительно создают сигнал дискретизации, частоту которого изменяют посредством указанного сигнала управления в диапазоне частот от 30 до 200 кГц и полученным сигналом дискретизации осуществляют широтно-импульсную модуляцию информационного сигнала, причем комбинационные составляющие широтно-импульсного модулированного сигнала служат током высокочастотного подмагничивания, а низкочастотные составляющие служат сигналом записи, и одновременно с широтно-импульсной модуляцией формируют сигнал обратной связи по току сигнала записи.

25 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что сигналом управления дополнительно изменяют амплитуду сигнала дискретизации в диапазоне величин от 0,3 до 3 В.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что амплитуду сигнала дискретизации изменяют параметрически посредством изменения частоты этого же сигнала.

30 4. Способ по п.2, отличающийся тем, что амплитуду сигнала дискретизации изменяют в диапазоне величин от 0,6 до 2 В.

5. Устройство магнитной записи информационного сигнала на магнитный носитель, содержащее усилительную схему (2) для получения информационного сигнала, блок (8) формирования сигнала высокочастотного подмагничивания, выходы которых электрически связаны с головкой (1) записи, и блок (14) формирования сигнала

- 32 -

для управления сигналом высокочастотного подмагничивания, вход которого подключен к входу головки (1) записи, а выход - к входу блока (8) формирования сигнала высокочастотного подмагничивания, отличающееся тем, что блок формирования сигнала высокочастотного подмагничивания выполнен в виде последовательно соединенных генератора (9) для получения сигнала дискретизации и широтно-импульсного модулятора (10) для осуществления широтно-импульсной модуляции информационного сигнала посредством сигнала дискретизации, причем выход широтно-импульсного модулятора (10) подключен к входу головки записи, а выход усилительной схемы (2) подключен ко второму входу широтно-импульсного модулятора (10), к которому подключен также выход головки записи для формирования обратной связи по току сигнала записи.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что блок (8) формирования сигнала высокочастотного подмагничивания дополнительно содержит схему управления амплитудой сигнала дискретизации, выход которой подключен к первому входу широтно-импульсного модулятора (10), а вход - электрически связан с выходом блока (14) формирования сигнала управления для осуществления изменения амплитуды сигнала дискретизации.

7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что вход схемы управления амплитудой сигнала дискретизации подключен к выходу генератора (9), вход которого подключен к выходу блока (14) формирования сигнала управления.

8. Устройство по п.6, отличающееся тем, что вход схемы управления амплитудой сигнала дискретизации непосредственно подключен к выходу блока формирования сигнала управления.

1/7

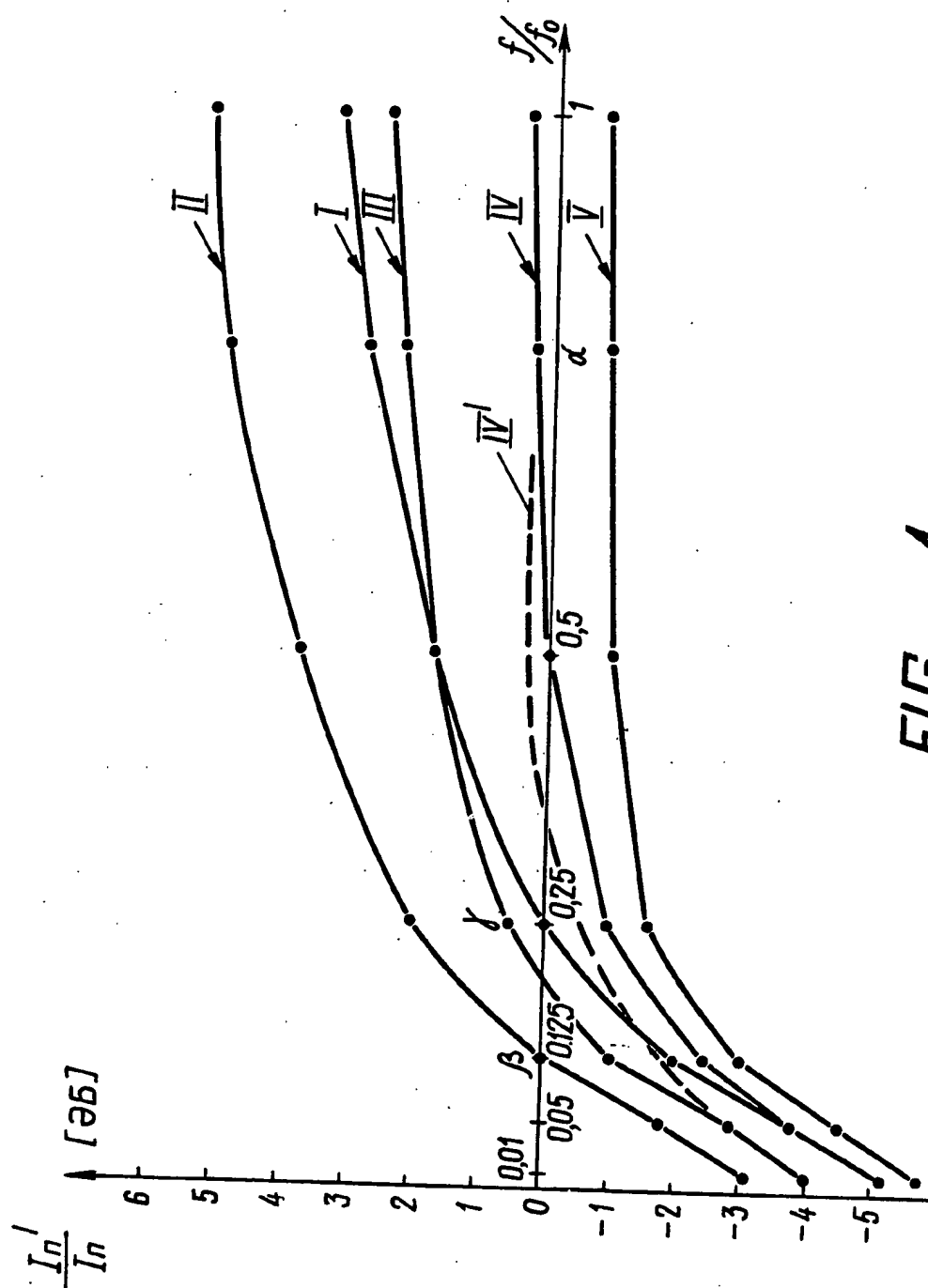
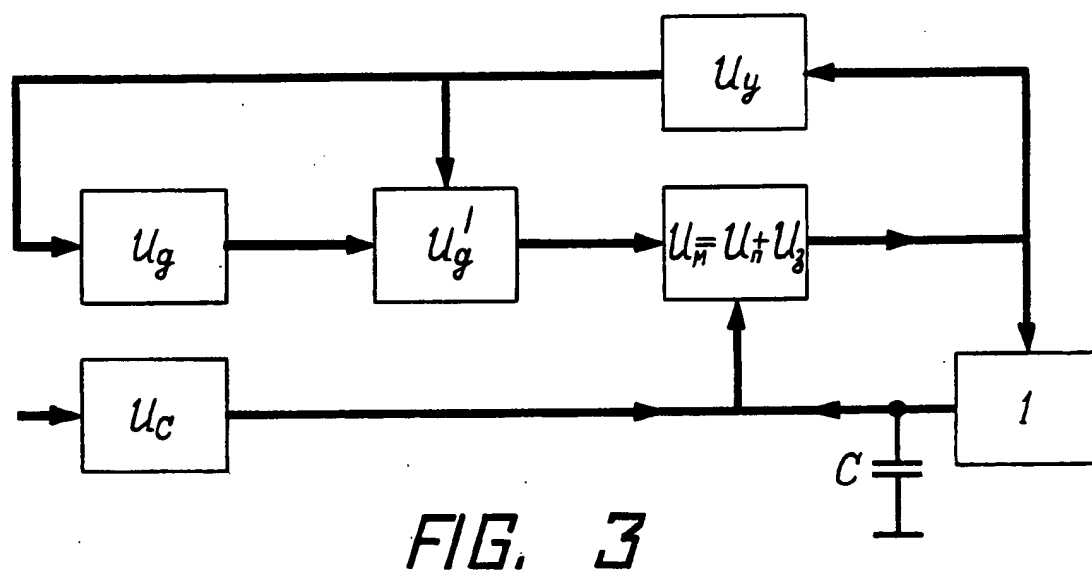
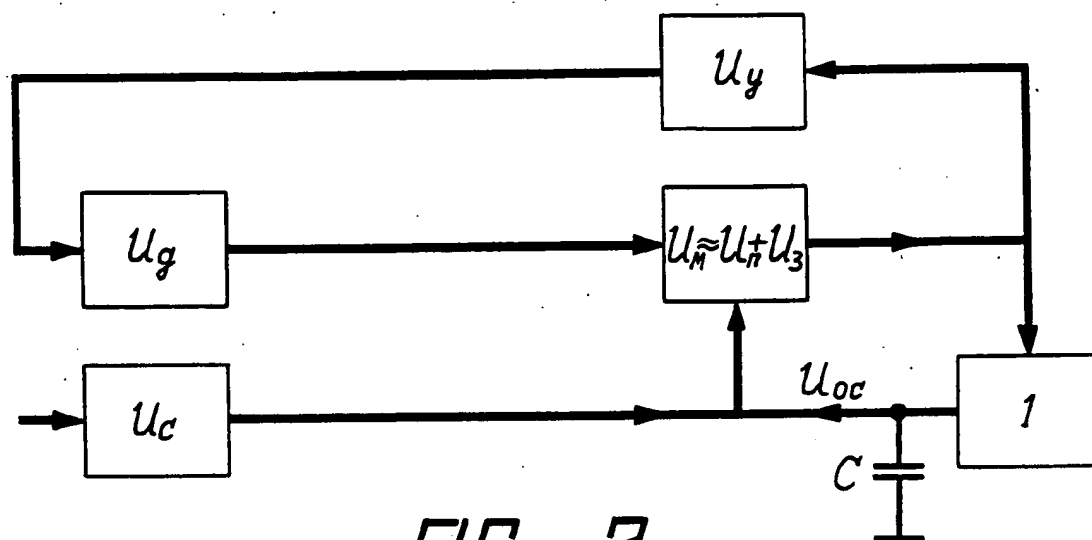


FIG. 1



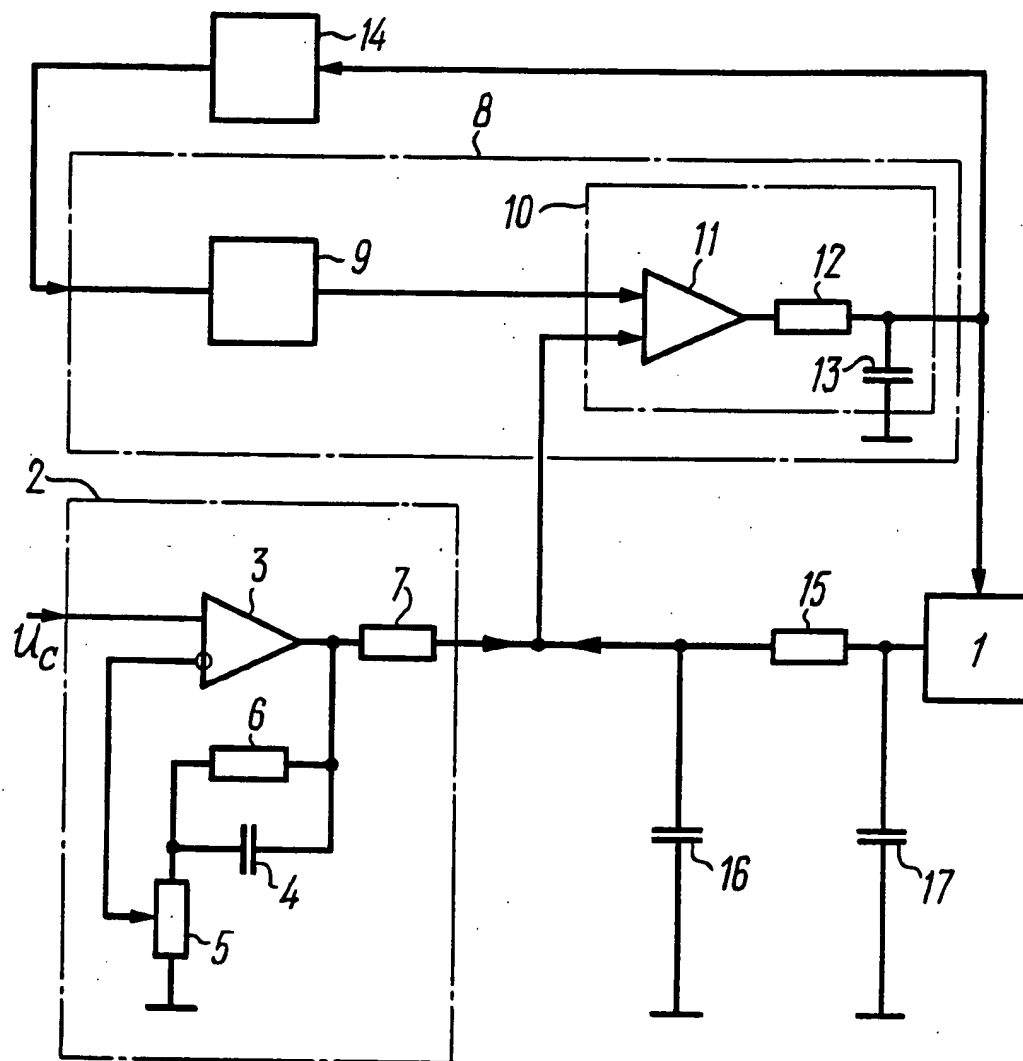


FIG. 4

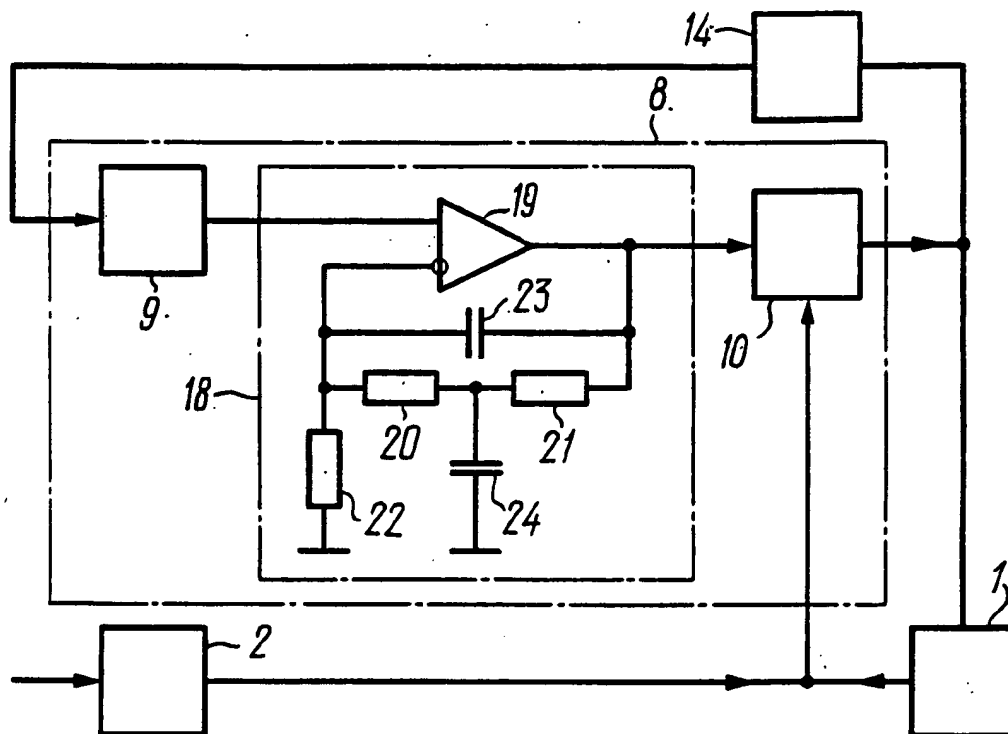


FIG. 5

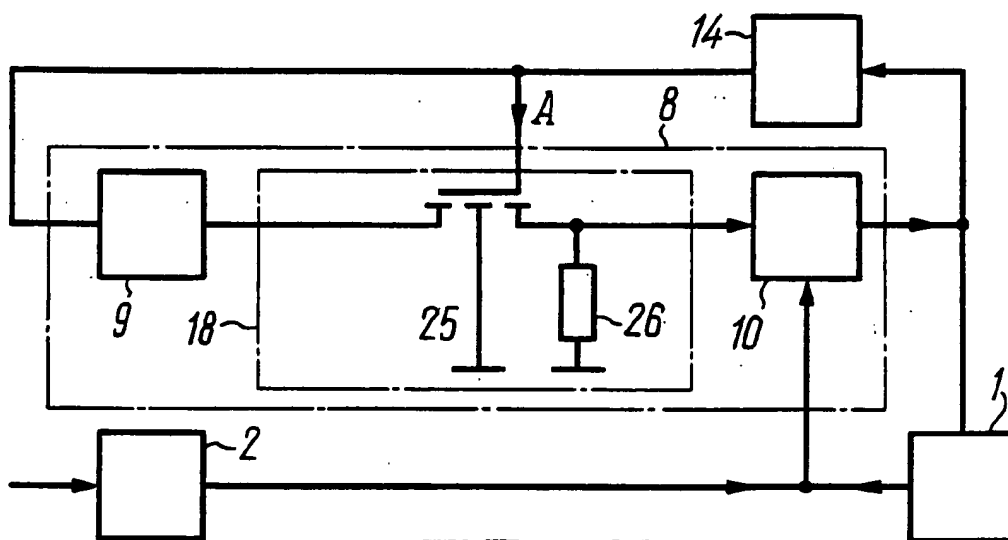


FIG. 6

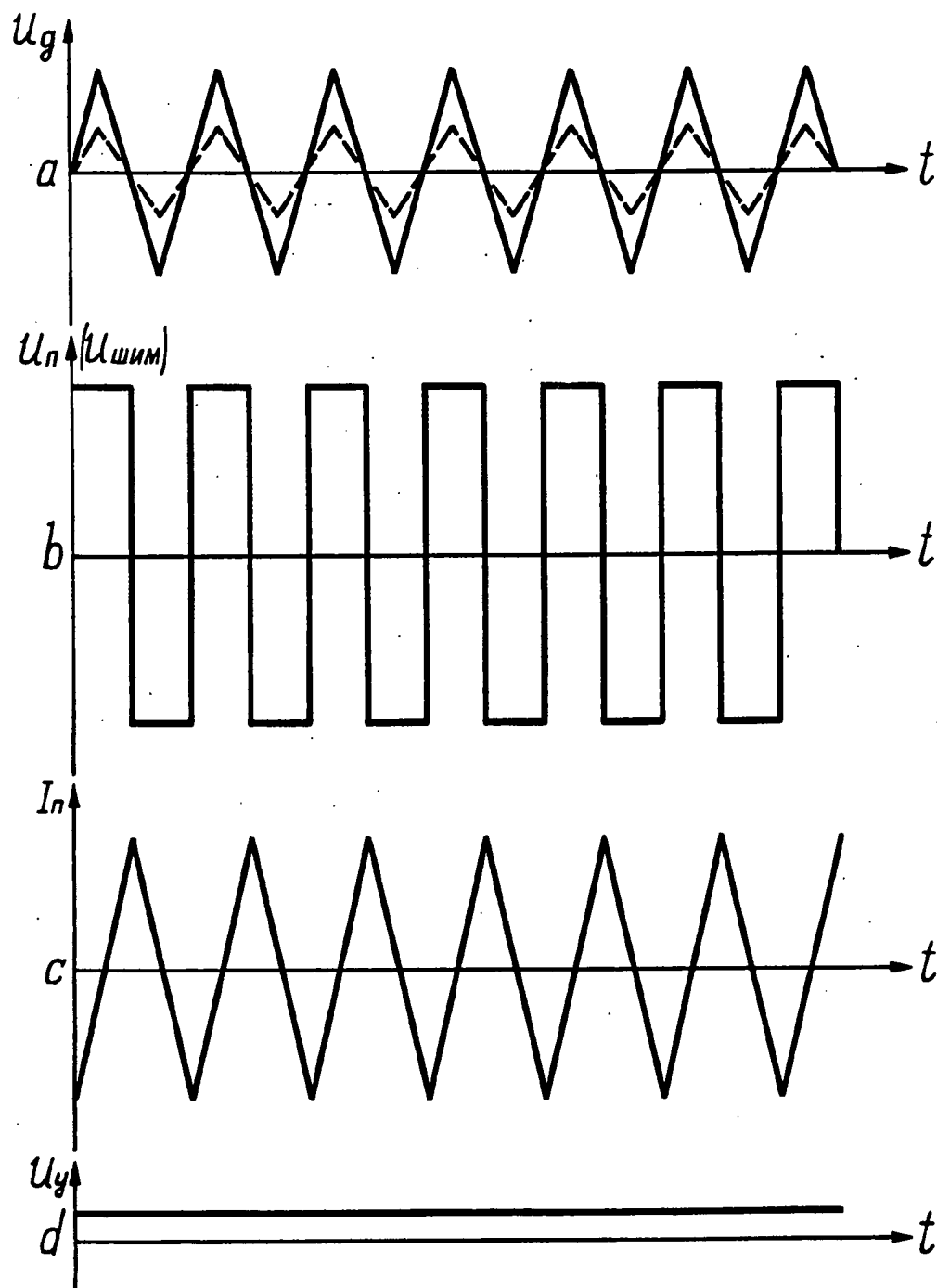


FIG. 7





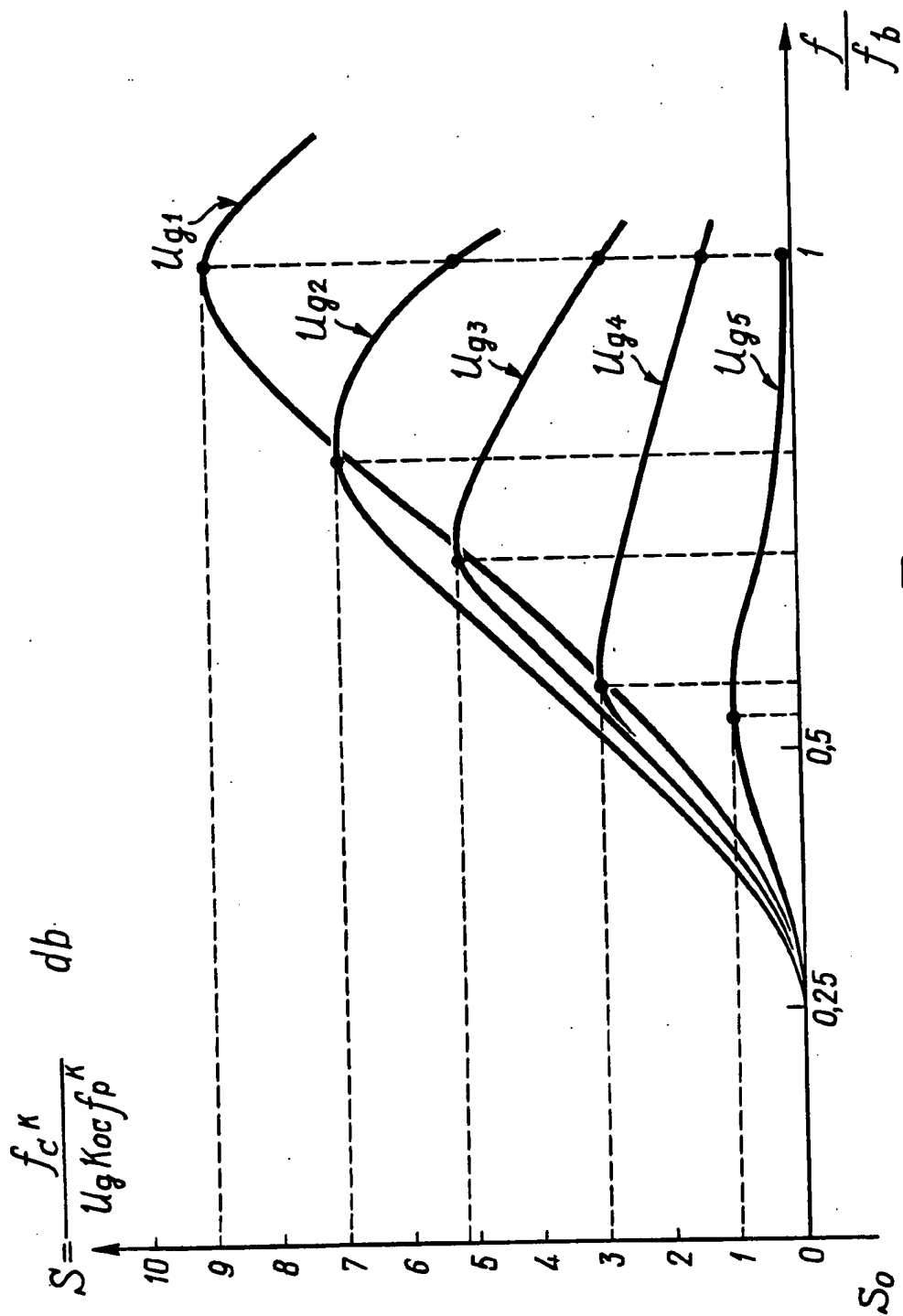


FIG. 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 93/00188

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC. 5 G11B 5/00, 5/03, 20/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC. 5 G11B 5/00, 5/02, 5/024, 5/027, 5/03, 20/02, 20/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU,A1,1446650 (Kievsky politekhnicheskoy institut), 23 December 1988 (23.12.88)	1-5
A	SU,A1,1464203 (O.V.Zaitsev), 7 March 1989 (07.03.89)	5
A	SU,A1,1448357 (N.E.Sukhov), 30 December 1988 (30.12.88)	1-4
A	SU,A1, 1539830 (N.E.Sukhov), 30 January 1990 (30.01.90)	5-8
A	SU,A1, 1631584 (A.B.Aleinov), 28 February 1991 (28.02.91)	5
A	SU,A1, 1737503 (Proizvodstvennoy Adelnie "Monolit") 30 May 1992 (30.05.92)	1,5-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 November 1993 (04.11.93)

Date of mailing of the international search report

17 November 1993 (17.11.93)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No  
PCT/RU93/00188

<b>А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:</b> G11B 5/00,5/03,20/22 Согласно Международной патентной классификации (МКИ-5)		
<b>В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:</b> Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы): МКИ-5 G11B 5/00,5/02,5/024,5/027,5/03,20/02,20/22 Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки: Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):		
<b>С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ</b>		
Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	SU,A1,1446650 (КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ), 23 декабря 1988 (23.12.88)	1-5
A	SU,A1,1464203 (О.В.ЗАЙЦЕВ), 7 марта 1989 (07.03.89)	5
A	SU,A1,1448357 (Н.Е.СУХОВ), 30 декабря 1988 (30.12.88)	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" - документ, определяющий общий уровень техники. "Е" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее. "О" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета. "Т" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения. "Х" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень. "У" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории. "&" - документ, являющийся патентом-аналогом.		
Дата действительного завершения международного поиска 04.11.93		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 17.11.93
Наименование и адрес Международного поискового органа: Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1 факс (095)243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Ю.Алешин тел.: (095)240-58-22

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)

## ОТЧЁТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No.  
PCT/RU93/00188

**С. (Продолжение) ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	SU, A1, 1539830 (Н.Е. СУХОВ), 30 января 1990 (30.01.90)	5-8
A	SU, A1, 1631584 (А.В. АЛЕИНОВ), 28 февраля 1991 (28.02.91)	5
A	SU, A1, 1737503 (ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОТДЕЛЕНИЕ "МОНОЛИТ"), 30 мая 1992 (30.05.92)	1, 5-8

Форма PCT/ISA/210 (продолжение второго листа) (июль 1992)